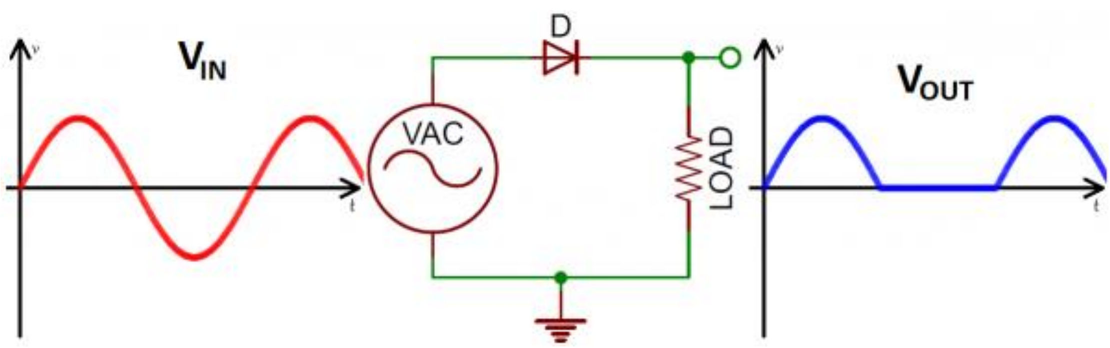
1-2-   المقومات

المُقوم هو عبارة عن دارة تقوم بتحويل التيار المتردد ((alternating current (AC)) إلى تيار مستمر (direct current (DC)). عملية التحويل هذه ضرورية للغاية لجميع أنواع الأجهزة الإلكترونية المنزلية، فالتيار الآتي من مخرج الكهرباء بالمنزل يكون تيار متردد، ولكن معظم الحواسيب والأجهزة الإلكترونية الأخرى تعمل بواسطة التيار المستمر. التيار في دوائر التيار المتردد يتغير باستمرار وبشكل سريع في الاتجاهين الموجب والسالب، بينما التيار في دوائر التيار المستمر يسري في اتجاه واحد. لذلك لكي تحول التيار المتردد إلى تيار مستمر تحتاج فقط للتأكد من عدم سريان التيار في الاتجاه السالب، وهذه هي وظيفة الديودات. لدينا نوعين من التقويم: 1- تقويم نصف موجي وفيه نستخدم ديود واحد. 2- تقويم موجي كامل ونستخدم هنا ديودين أو أربعة ديودات.

3-4-1- الدارة المستخدمة في التقويم نصف الموجي Half-wave rectification:

يُصنع مقوم النصف موجة (half-wave rectifier) باستخدام ديود مفرد، فإذا تم إرسال تيار متردد (يشبه موجة جيبية) عبر الديود فإنه يقوم باقتطاع المركبات السالبة من التيار والإبقاء على المركبات الموجبة فقط. يبين الشكل رقم 13 الشكل الموجي للدخل والخرج قبل وبعد المرور خلال دارة مقوم نصف الموجي.



الشكل (13): الشكل الموجي للدخل (يسار) والخرج (يمين) قبل وبعد المرور خلال دارة مقوم نصف الموجي (المنتصف).

إن الجهد الناتج عن المولد هو جيبي ويكتب كما يلي:

$$v_A = V_m \sin wt$$

إذا كان $0 \le t \le \frac{T}{2}$ فإن: $V_A = V_R$. حيث أن V_R تابع للمقاومة

أما إذا كان $\frac{T}{2} \le t \le T$ فإن: $V_R = 0$

$$v_d = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_m \sin wt \; dt$$

$$= \frac{V_m}{wT}[-\cos wt]_0^{\frac{T}{2}}$$

$$= \frac{V_m}{wT}[-\cos w\frac{T}{2} + \cos 0]$$

ولكن $\frac{2\pi}{T} = w = 2\pi f$ وبالتالي فإن:

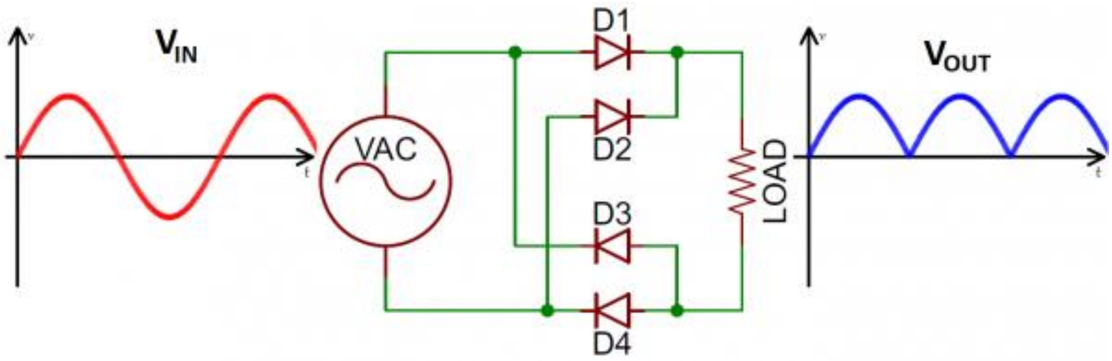
$$v_d = \frac{V_m}{\pi}$$

ويمكن كتابتها حسب منشور سلسلة فورييه كما يلي:

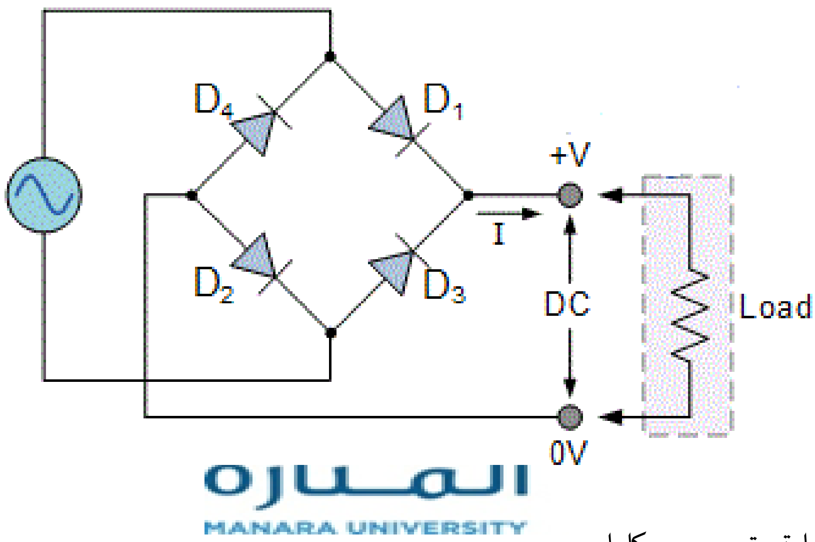
$$v_d = \frac{V_m}{\pi}[1 + \frac{\pi}{2}\sin wt - \frac{2}{3}\cos 2wt + \cdots]$$

2-4-3- الدارة المستخدمة من أجل التقويم الموجي الكامل full-wave rectification:

هنا يســتخدم عادة مقوم موجة كاملة جســري (full-wave bridge rectifier) يحتوي على ديودين أو أربعة ديودات لتحويل التحدبات السالبة في التيار المتردد إلى تحدبات موجبة كما بالشكلين 14 و 15.

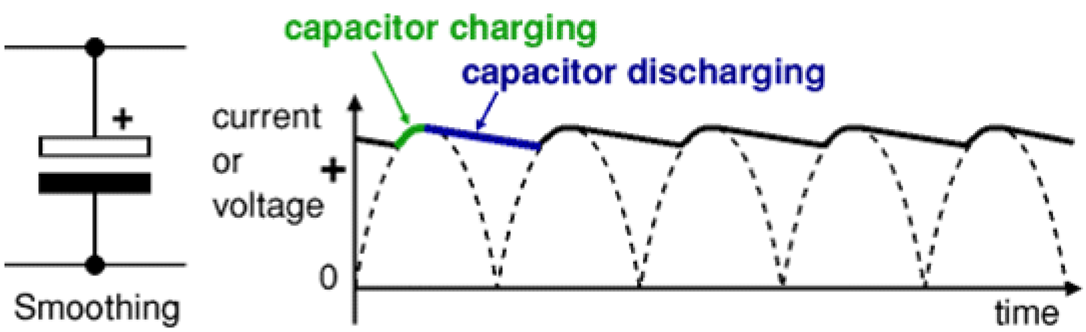


الشكل (14): الشكل الموجي للدخل (يسار) والخرج (يمين) قبل وبعد المرور خلال دارة مقوم موجي كامل (المنتصف).



الشكل (15): دارة مقوم موجي كامل.

يبين الشكل 16 شكل الخرج بعد إضافة مكثفة (تدعى العملية بعملية التنعيم Smoothing).



الشكل (16): شكل الخرج بعد إضافة مكثفة إلى الدارة.

3-4-3- عامل الشكل Form Factor وعامل التموج Ripple Factor

عندما قمنا بتحليل التيار المار بالديود حصلنا على:

$$v_d = \frac{V_m}{\pi}[1 + \frac{\pi}{2}\sin wt - \frac{2}{3}\cos 2wt + \cdots]$$

$$\rightarrow i_d = \frac{I_m}{\pi}[1 + \frac{\pi}{2}\sin wt - \frac{2}{3}\cos 2wt + \cdots]$$

$$\rightarrow i_d = \frac{I_m}{\pi} + \frac{I_m}{\pi}[\frac{\pi}{2}\sin wt - \frac{2}{3}\cos 2wt + \cdots]$$

$$i = I_d + i_{ond}$$

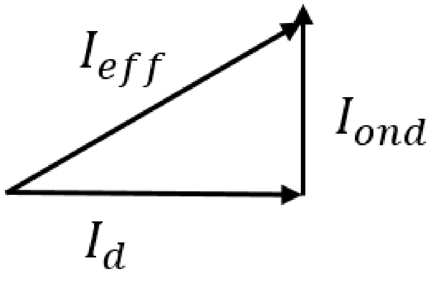
حيث i التيار المقوم، I_d التيار المستمر و i_{ond} التيار المتناوب.

عامل التموج = $\frac{\text{القيمة المنتجة للمركبات المتناوبة}}{\text{القيمة الوسطى خلال دور واحد للمقدار المقاس}}$ أي أن $\tau = \frac{i_{ond}}{I_d}$

عامل الشكل = $\frac{\text{القيمة المنتجة للمقدار المقوم}}{\text{القيمة الوسطى خلال دور واحد للمقدار المقاس}}$ أي أن $F = \frac{I_{eff}}{I_d}$

ويمكننا حسب قانون جول كتابة العلاقة:

$$I_{eff}^2 = I_d^2 + I_{ond}^2$$



بقسمة العلاقة السابقة على I_d^2 نجد:

$$\frac{I_{eff}^2}{I_d^2} = 1 + \frac{I_{ond}^2}{I_d^2}$$

$$\rightarrow F^2 = 1 + \tau^2$$

أي أنه إذا عرفنا أحد العاملين فمن السهل حساب الآخر.

الحقول المغناطيسية Magnetic Fields

1- مقدمة

عرفت المغناطيسية من عصر الإغريق القدامى منذ عام 800 ق.م, حيث أنهم اكتشفوا حجارة تدعى مغنتيت Fe_3O_4 لها القدرة على جذب قطع الحديد. أول خارطة باتجاهات الإبرة المغناطيسية عند وضعها في نقاط مختلفة من سطح مغناطيس طبيعي أنشأها العالم بيير دي ماريكورت (Pierre de Maricourt), حيث وجد أن تلك الاتجاهات تشكل دوائر تلف حول الكرة وتتقاطع جميعها في نقطتين سميتا قطبي المغناطيس هما القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

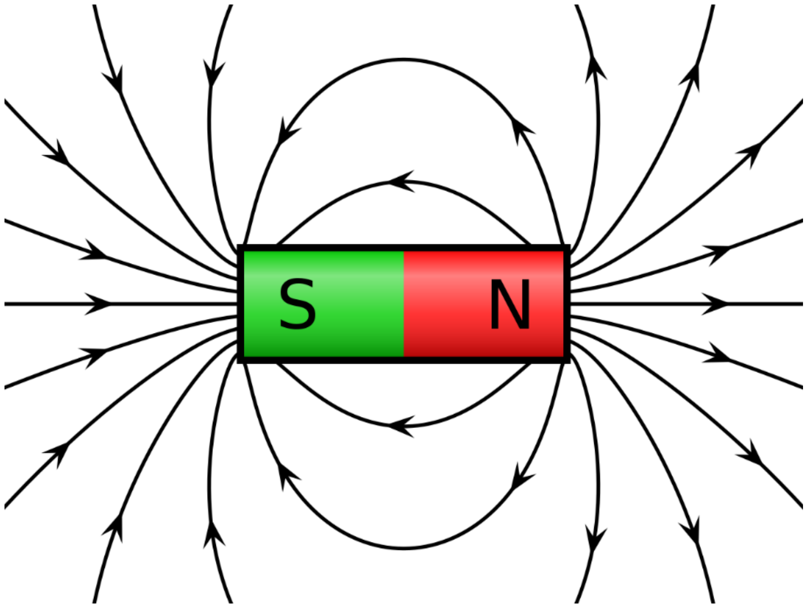
دلت التجارب بأن أي قضيب معدني يُعلّق من منتصفه بواسطة خيط مرن قابل للفتل بحرية في المستوي الأفقي, فإنه سيدور حتى يصبح قطبه الشمالي موجهاً نحو شمال الأرض والجنوبي نحو جنوبها, وهذا هو مبدأ عمل البوصلة البسيطة. واقترح العالم جيلبيرت (William Gilbert) أن الكرة الأرضية نفسها عبارة عن مغناطيس دائم كبير.

لا بد من الإشـــارة هنا بأن جميع المحاولات لإيجاد مغناطيس متماثل الأقطاب قد باءت بالفشـــل, فعند تجزئة المغناطيس إلى عدد كبير من الأجزاء فإن كل من هذه الأجزاء يتحول إلى مغناطيس بقطبين شـــمالي وجنوبي.

أول علاقة بين الكهرباء والمغناطيسية اكتشفها العالم كريستيان أورستد (Christian Oersted) عام 1819, والذي وجد من خلال بحث نشـــره أن التيار الكهربائي المار في ســـلك يحرف الإبرة المغناطيســـية لبوصـــلة مجاورة. واكتشـف لاحقاً ترابطات هامة بين الكهرباء والمغناطيسية وهي أن التيار الكهربائي يمكن أن ينتج في دارة ما عن طريق تحريك مغناطيس بجانب هذه الدارة, أو عن طريق تغير شـدة التيار في دارة أخرى مجاورة لهذه الدارة. وبالتالي يمكن القول بأن تغيرات الحقل المغناطيســـي ينتج حقل كهربائي, إلى أن جاء العالم ماكسويل وأبت صحة العملية العكسية أيضاً, فتغير الحقل الكهربائي ينتج حقل مغناطيسي أيضاً.

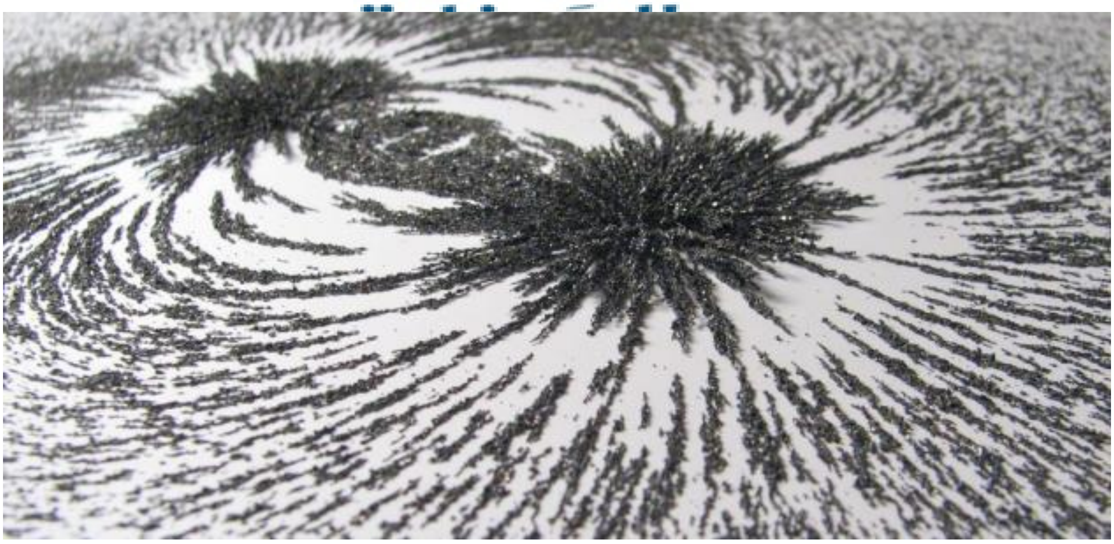
2- الحقل المغناطيسي The magnetic field

درســـنا في مادة الفيزياء 1 بأن الحقل الكهربائي يحيط بأية شـــحنة كهربائية, أما المنطقة من الفضـــاء المحيطة بشـــحنة متحركة فتتضـــمن حقل مغناطيســـي أيضـــاً إضـــافة للحقل الكهربائي. كما أن الحقل المغناطيسي يحيط بأية مادة ممغنطة. إن اتجاه الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في أي موضع هو الاتجاه الذي يشير له القطب الشـــمالي لإبرة البوصـــلة الموضـــوعة في ذلك الموضـــع. يبين الشـــكل رقم 1 خطوط الحق المغناطيسي لقضيب بمساعدة البوصلة.



الشكل (1): خطوط الحقل المغناطيسي لمغناطيس على شكل قضيب.

ويظهر الشكل رقم 2 مجموعة خطوط الحقل المغناطيسي لقضيب مغناطيسي مرسومة باستخدام برادة الحديد.



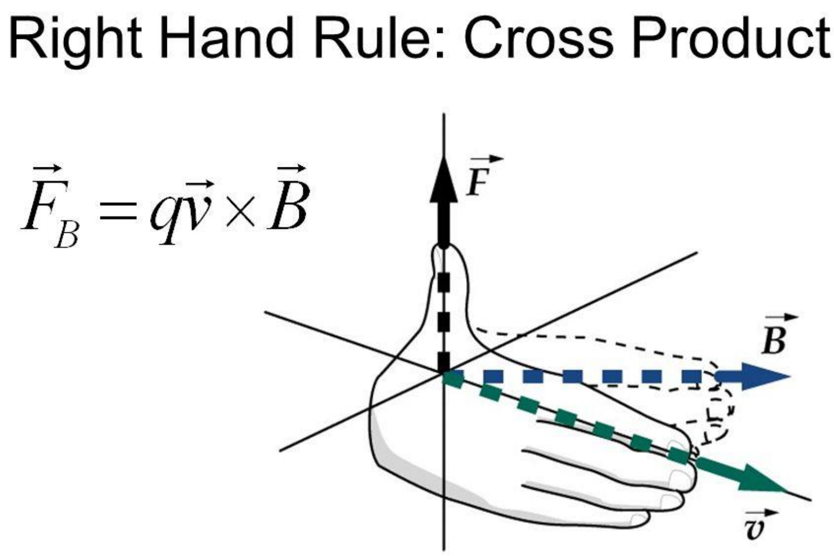
الشكل (2): خطوط الحقل المغناطيسي لمغناطيس على شكل قضيب باستخدام برادة الحديد.

تعطى العلاقة بين الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في نقطة ما في الفضاء والقوة المغناطيسية المؤثرة على جسيمة مشحونة تتحرك بسرعة $\vec{v}$:

$$\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$$

إذن عندما يصنع شعاع السرعة زاوية θ مع شعاع الحقل المغناطيسي فإن قيمة القوة المغناطيسية تتناسب طرداً مع $\sin\theta$. فعندما يتحرك الجسيم المشحون بموازاة متجه الحقل المغناطيسي فإن قيمة القوة المغناطيسية المؤثرة على الجسيم المشحون تساوي الصفر. القوة المغناطيسية تؤثر دائماً وفق اتجاه عمودي على كل من $\vec{v}$ و $\vec{B}$ اي أنها عمودية على المستوي المتشكل منهما.

من أجل تحديد اتجاه القوة المغناطيسية تستخدم عادة قاعدة اليد اليمنى. توجه الأصابع الأربعة (ما عدا الإبهام) لليد اليمنى على طول اتجاه $\vec{v}$ وبعد ذلك تُلف في اتجاه $\vec{B}$, فعندما يشير الإبهام إلى اتجاه الجداء $\vec{v} \times \vec{B}$ الذي هو نفسه اتجاه القوة $\vec{F}$ عندما تكون الشحنة q موجبة, ومعاكساً له عندما تكون الشحنة سالبة (الشكل رقم 3).



الشكل (3): اتجاه القوة المغناطيسية بحسب قاعدة اليد اليمنى لشحنة موجبة.

تعطى قيمة القوة المغناطيسية إذن بالعلاقة:

$$F = q\ v\ B \sin\theta$$

حيث هي الزاوية بين الشـــعاعين $\vec{v}$ و $\vec{B}$. من العلاقة الســـابقة نجد بأن قيمة القوة المغناطيســـية تكون عظمى عندما يكون شعاع السرعة معامداً لشعاع الحقل المغناطيسي, ومعدومة عندما يكونان متوازيان.

واحدة الحقل المغناطيســي هي الويبر لكل متر مربع $\frac{Wb}{m^2}$. وتدعى أيضـــا تســـلا Tesla. هناك واحدة شـــائعة الاستخدام تدعى الغوص Gauss ترتبط بالتسلا بالعلاقة: $1\ T = 10^4\ G$.

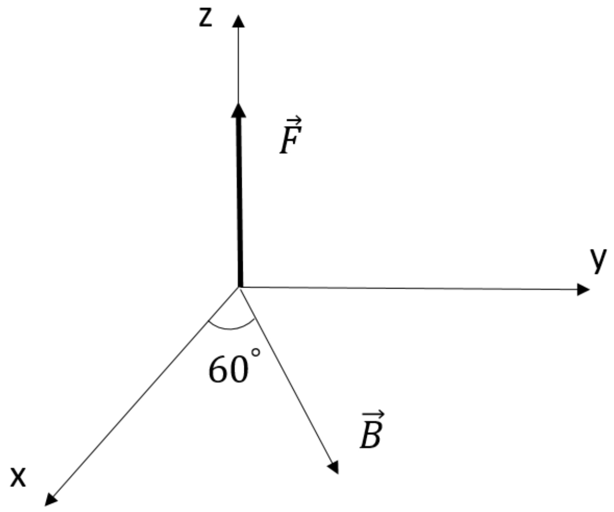
مسـألة: يتحرك بروتون بسـرعة قيمتها $8 \times 10^6\ \frac{m}{s}$ على طول المحور x. يدخل منطقة يوجد فيها حقل مغناطيسي قيمته $2.5\ T$ ويصـنع اتجاهه زاوية 60° مع المحور x ويتوضـع في المسـتوي xy والمطلوب:1- احســـب القوة المغناطيســـية الابتدائية المطبقة على البروتون ثم احســـب تســـارعه. 2- احســـب تســـارع الالكترون الذي يتحرك خلال نفس الحقل المغناطيسي وبنفس السرعة التي يتحرك بها هذا البروتون.

الحل: 1-

$$F = q\ v\ B \sin\theta$$

$$\rightarrow F = 2.8 \times 10^{-12}\ N$$

حسب قاعدة اليد اليمنى فإن اتجاه $\vec{F}$ تكون بالاتجاه الموجب ل z.



ويكون تسارع البروتون باتجاه المحور z مساوياً ل:

$$a = \frac{F}{m} = 1.7 \times 10^{15}\ \frac{m}{s^2}$$

الطلب 2- إن الالكترون يتعرض لنفس القوة التي يتعرض لها البروتون

$$F = -2.8 \times 10^{-12}\ N$$

ولكن تسارعه يختلف قيمة واتجاهاً بسبب اختلاف كتلته عن كتلة البروتون ويكون

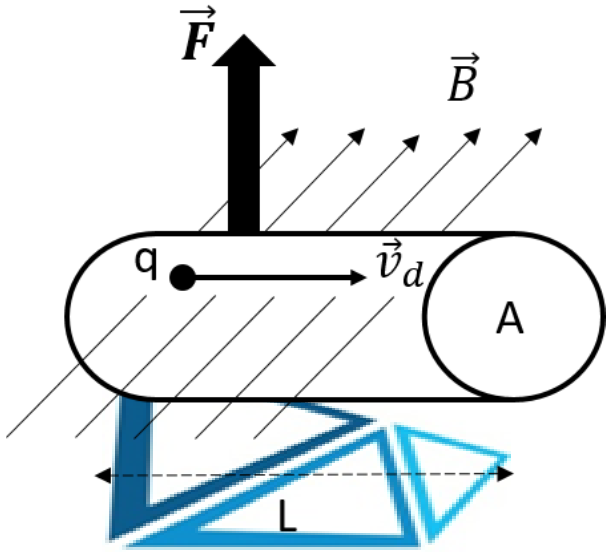
$$a = \frac{F}{m} = -3 \times 10^{18}\ \frac{m}{s^2}$$

3- القوة المغناطيسية Magnetic force المطبقة على تيار يسري في ناقل

إن السلك الذي ينقل تيار سيخضع لقوة عندما يوضع في حقل مغناطيسي, لأن التيار عبارة عن مجموعة كبيرة من الجسيمات المشحونة في حالة حركة وبالتالي فإن محصلة القوة المؤثرة على السلك تتعلق بمجموع القوى المفردة المطبقة على الجسيمات المشحونة. نصطلح على أن عندما يكون $\vec{B}$ موجهاً من القارئ إلى صفحة الرسم فإننا نرى ذيل السهم ونستخدم إشارة الضرب للدلالة عليه, وعندما يكون موجهاً

من صفحة الرسم باتجاهنا فإننا نرى رأس السهم ونستخدم نقطة للدلالة عليه, أما إذا كان الحقل متوضع في مستوي الصفحة فإننا نستخدم أسهماً ترسم في مستوي الصفحة.

ليكن لدينا قطعة مستقيمة من سلك طولها L ومقطعها A يمر فيها تيارا I موجودة ضمن حقل مغناطيسي متجانس $\vec{B}$ (الشكل رقم 4).



الشكل (4): القوة المغناطيسية الناتجة عن حقل مغناطيسي وحركة الشحنات في ناقل على شكل سلك.

إن القوة المغناطيسية المؤثرة على الشحنة q التي تتحرك بسرعة حدية $\vec{v}_d$ هي $q\ \vec{v}_d \times \vec{B}$. من أجل إيجاد القوة الكلية المؤثرة على السلك يجب أن نضرب القوة المؤثرة على شحنة واحدة بعدد الشحنات الموجودة في هذه القطعة من السلك. بما أن حجم القطعة هو A.L وعدد الشحنات في واحدة الحجم هو n فإن عدد الشحنات فيها هو n.A.L وبالتالي فإن القوة المغناطيسية الكلية:

$$\vec{F} = q(\vec{v}_d \times \vec{B})nAL$$

ولكن:

$$I = nq\ v_d\ A$$

$$\rightarrow \vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

حيث $\vec{L}$ شعاع له اتجاه التيار I وقيمته تساوي طول القطعة L.

نأخذ قطعة من السلك ذات شكل عشوائي متجانسة المقطع وموضوعة في حقل مغناطيسي فتكون القوة المغناطيسية المؤثرة على كل قطعة صغيرة بوجود الحقل هي:

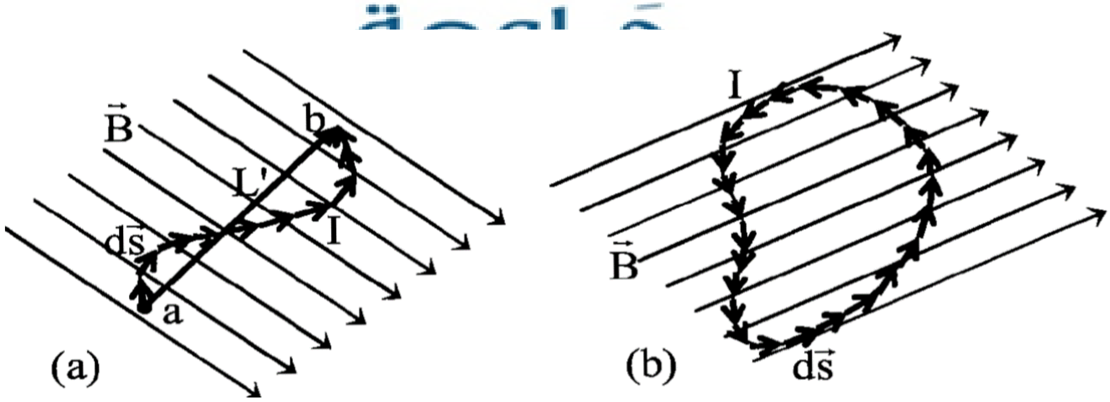
$$d\vec{F} = I\,d\vec{s} \times \vec{B}$$

وللحصول على القوة الكلية المطبقة على السلك نكامل العلاقة السابقة على طول السلك فيكون:

$$\vec{F} = I \int_a^b d\vec{s} \times \vec{B}$$

لنأخذ حالتين خاصتين يكون فيهما الحقل المغناطيسي ثابت القيمة والاتجاه في كلتا الحالتين:

الحالة 1: ليكن سلك منحني ينقل التيار موضوعاً في حقل مغناطيسي منتظم (الشكل a,5) وبالتالي يكون:



الشكل (5): a) ناقل منحني يحمل تيارا I موجود في حقل منتظم. b) حلقة مغلقة تنقل تيار موجودة في حقل منتظم.

$$\vec{F} = I\left(\int_a^b d\vec{s}\right) \times \vec{B}$$

$$\rightarrow \vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

الحالة 2: نأخذ الآن حالة حلقة مغلقة من سلك ناقل يسري فيها تيار ومتوضعة في حقل مغناطيسي منتظم (الشكل b,5) وبالتالي يكون:

$$\vec{F} = I\ \left(\oint d\vec{s}\right) \times \vec{B}$$

بما أن جميع أشعة الانزياح تشكل متعدد أضلاع مغلق, فإن مجموع الأشعة يجب أن تساوي الصفر. إذن $\oint d\vec{s} = 0$ وبالتالي تكون القوة المغناطيسية الكلية المؤثرة على أي عروة تيار مغلقة موجودة في حقل مغناطيسي منتظم تساوي الصفر.